

**DESENVOLVIMENTO DE UM APP PEDAGÓGICO E DE
CARÁTER LÚDICO PARA APLICAÇÃO EM PROCEDIMENTOS
EDUCATIVOS, COM OBJETIVO DE FORMAR COMUNIDADES
DE ENERGIA PARA POPULAÇÕES DE BAIXA RENDA**

Projeto FAPESP: 2024/08361-7

Período: 01/06/2024 – 30/05/2025

JOÃO LUCAS SANTOS PENHA DE OLIVEIRA
Faculdade de Engenharia Elétrica e da Computação – UNICAMP

RESUMO

Este projeto teve como objetivo desenvolver aplicações educacionais de modo a ensinar conceitos de engenharia elétrica, tais como associação entre resistores em circuitos elétricos e sistemas embarcados, visando explicar fundamentos da eletricidade de forma totalmente interativa e educativa. Para isso, foram utilizados dois meios distintos de aprendizados, o primeiro está relacionado a educação não formal a partir de um App interativo, desenvolvido pela Engine Unity, no qual um jogo educativo ensina o princípio de associação de resistores a partir de uma analogia com pessoas e ruas. O segundo meio utilizado foi o desenvolvimento de um módulo de comunicação wireless para a placa educativa BitDogLab, de código aberto, voltado a ensinar estruturas de sistemas embarcados, tais como sensores, botões, leds, etc.

Durante a execução, foram realizados testes do App em alguns alunos da graduação, e fazendo melhorias no App com os feedbacks coletados. Também foram realizados testes do módulo de comunicação Wireless para três tipos de comunicações, Wi-fi, Bluetooth e LoRa. Este último com o objetivo de desenvolver uma rede LoRaWAN que cubra uma grande parte da região da UNICAMP de Campinas.

O desenvolvimento desse projeto contribui, em primeira parte para a educação não formal de conceitos básicos de eletricidade, para pessoas de baixa renda, que não possuem um ensino médio de qualidade, contribui também para a comunicação sem fio entre dispositivos, para longas e curtas distâncias, aplicado à placas de uso educativo BitDogLab.

PALAVRAS-CHAVES: App Educativo, Educação não formal, BitDogLab, Comunicação Wireless

1 DESENVOLVIMENTO DO APP EDUCATIVO

O App (Aplicativo Mobile) é um software criado para ser executados em celulares. Como o objetivo é desenvolver um App em estilo de jogo, foi utilizado a Engine Unity, uma Engine conhecida para desenvolvimento de pequenos jogos tanto para computadores quanto para celular. A versão da Engine utilizada foi a 2022.3.25f1, uma das últimas versões estáveis.

O jogo tem como objetivo ensinar conceitos básicos de eletricidade, tais como corrente, tensão e resistores, por meio da educação não formal, com analogias comuns que qualquer pessoa conseguiria entender, em especial pessoas de baixa renda, inicialmente para a população da comunidade de energia da região de Campinas, no qual a CPTEn instalaria gerações de energia fotovoltaicas para a comunidade e a própria comunidade faria a manutenção correta destes dispositivos. Dessa forma o desenvolvimento desse App é crucial para o entendimento básico de eletricidade.

1.1 Desenvolvimento das Fases

A fases precisam seguir uma progressão, de tal forma que o usuário entenda os conceitos iniciais primeiramente, sendo corrente e tensão, e sua relação com a carga. E por fim, que entenda conceitos mais aplicados como associação paralela.

Outro ponto importante sobre o jogo, é que ele precisa ser lúdico, ou seja, é preciso fazer analogias de tal forma que qualquer pessoa consiga entender, por conta disso, foi definido que para este jogo a analogia com pessoas caminhando em ruas de uma cidade.

As pessoas representam os elétrons, as ruas são os fios que conectam os componentes, a corrente é a quantidade de pessoas que passam pela rua, e a tensão é o “humor” das pessoas, onde quando maior a tensão, mais feliz a pessoa fica, e quanto menor a tensão, menos feliz a pessoa está, e por fim os resistores são representados por obstáculos nas ruas.

Uma outra analogia cogitada foi com água e canos, mas foi descartada pois, posteriormente seriam feitas dinâmicas com as pessoas dessa comunidade, e a analogia com água seria inviável de fazer naquela região. Portanto foi escolhido a analogia com pessoas para manter uma relação com a dinâmica que seria realizada.

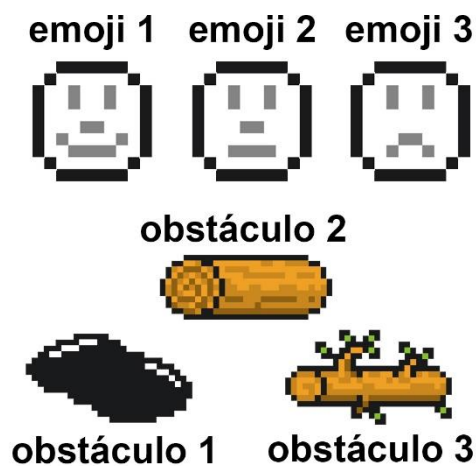


Figura 1 – Emojis e Resistências.

A figura 1 mostra alguns dos modelos utilizado no desenvolvimento do jogo. Na parte superior, são mostrados emojis que representam as pessoas, onde cada pessoa representaria uma carga em um circuito. As pessoas são normalizadas em três faixas de humor, a feliz que apresenta 100% da tensão inicial, a intermediária que representaria metade da tensão inicial, e a triste que representaria uma pequena porção da tensão inicial. Os emojis vão mudando de humor à medida que se passa pelos obstáculos, divididos em três possíveis, representados na parte inferior da figura 1. Cada obstáculo possui um valor de resistência relacionado, sendo 1, 2 e 3 Ω para os obstáculos 1, 2 e 3 respectivamente. O obstáculo 1 é uma poça de óleo, o obstáculo 2 é um tronco pequeno e o obstáculo 3 é um tronco maior. Posteriormente o obstáculo 3 passou a ser dois troncos pequenos paralelos.

Outro dado importante, no desenvolvimento do jogo foi preciso definir os objetivos das fases. De forma geral optou-se em definir que o objetivo estaria relacionado a resistência equivalente do sistema. Em outras palavras, para cada fase, o usuário precisaria associar os obstáculos da cidade de modo a encontrar uma resistência equivalente desejada.

Como para este objetivo, cada usuário teria que fazer contas numéricas, também foi definido outra possibilidade para resolução da fase, mas de forma empírica, para isso foi considerado que a origem dos emojis seriam uma fonte de corrente de 100A, e que os emojis começariam com uma tensão inicial, maior que a máxima diferença de potencial

possível do circuito. Dessa forma, e como a corrente é constante, cada circuito irá criar uma DDP diferente, e então uma tensão de saída diferente, e um “humor” diferente.

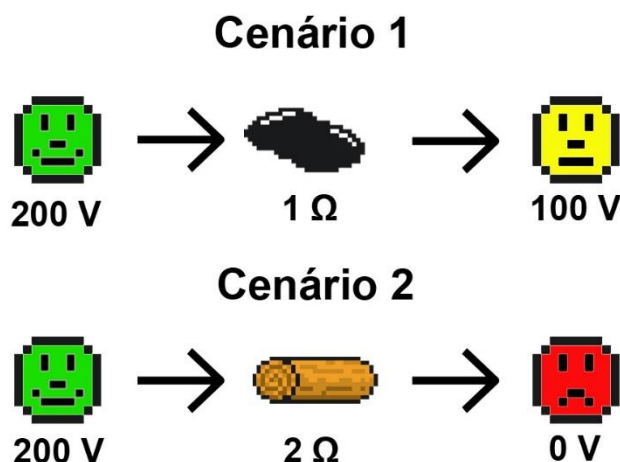


Figura 2 – Efeito dos Obstáculos no “humor”.

A Figura 2 mostra dois exemplos de cenários. Neste caso a tensão inicial é de 200 V e a corrente fixa em 100 A, em cada cenário o emoji passa por um obstáculo e isso afeta o seu “humor” em relação ao tanto que este obstáculo é ruim. No Cenário 1, a poça petróleo, que tem apenas 1 Ω de resistência, faz com que desça apenas 100 V da tensão inicial, tendo então 100 V de tensão de saída. Já no Cenário 2, como o tronco possui uma resistência maior, faz com que desça 200 V da tensão inicial, tendo então uma tensão de saída de 0 V.

Esses cenários poderiam ser a mesma fase, aonde é estabelecido uma tensão de saída e o usuário teria que escolher qual dos dois cenários chegariam a esta tensão desejada, mas ao invés de usar o termo tensão, é utilizado “humor alvo”, relacionando a tensão objetivo a um “humor” objetivo. Assim, faz com que se crie uma relação empírica ao usuário, que quanto maior o obstáculo, mais triste vai ficando a pessoa, e consequentemente menor a tensão de saída.

Aqui é importante notar que como a origem dos emojis possui uma corrente fixa e uma tensão inicial, não necessariamente a tensão final será 0, pois depende da trajetória, foi definido dessa forma para que o usuário entenda o conceito de diferença de potencial (DDP), pois caso contrário, o circuito sempre seria 0 V, o que poderia dificultar a alusão do jogar.

Portanto, o objetivo do jogar é encontrar o caminho desejado para chegar a uma resistência equivalente alvo, ou analogamente, um “humor” de saída alvo.

1.2 Desenvolvimento da Progressão

É importante que o usuário entenda em primeiro momento, conceitos mais básicos como associação em série, e posteriormente associação em paralelo. Por conta disso o jogo foi dividido em dois níveis: “circuito série” e “circuito paralelo”, cada um com um tutorial, como mostra a Figura 3a. O tutorial nada mais que apenas uma fase de um circuito mais simples. O jogo segue uma certa ordem, onde é preciso concluir os níveis na seguinte ordem: Primeiro Tutorial – 5x Circuito Série – Segundo Tutorial – 5x Circuito Série. Desse modo o usuário teria entendido os conceitos básicos de tensão, corrente e resistência, além do mais, conseguiria rejogar as vezes sempre que quisesse, o banco de fase consta com cerca de 60 fases de cada um dos dois níveis.

Em cada fase, o usuário deve fazer um desenho, partindo de um ponto inicial (marcado com um círculo vermelho em uma esquina), de modo a contornar a cidade inteira e voltar ao mesmo ponto (o que nesse caso é importante notar que este é o conceito de circuito). Após o desenho o usuário poderá clicar em “pronto!” e então começa uma simulação do circuito desenhado.

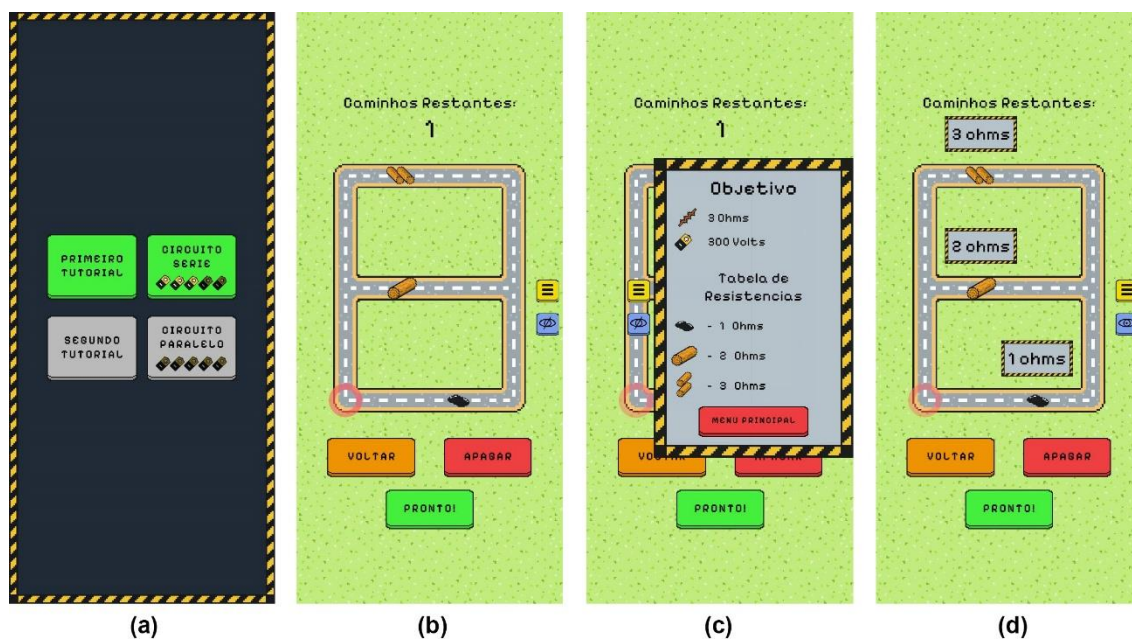


Figura 3 – (a) Menu principal (b) Mapa da cidade do primeiro tutorial (c) Dados da fase (d) Mapa da cidade mostrando valor de resistências.

Antes de mostrar o mapa da cidade da Figura 3b, um pequeno texto mostra que a resistência alvo é de 3 Ohms, mas esta informação pode ser verificada a qualquer momento ao apertar no botão amarelo que fica na lateral direita, mostrando a caixa deslizante da Figura 3c. Por fim, também é possível habilitar o modo que exibe as resistências em cima de cada obstáculo como mostra a Figura 3d. Os botões “Voltar” e “Apagar” tem como função redesenhar o circuito.

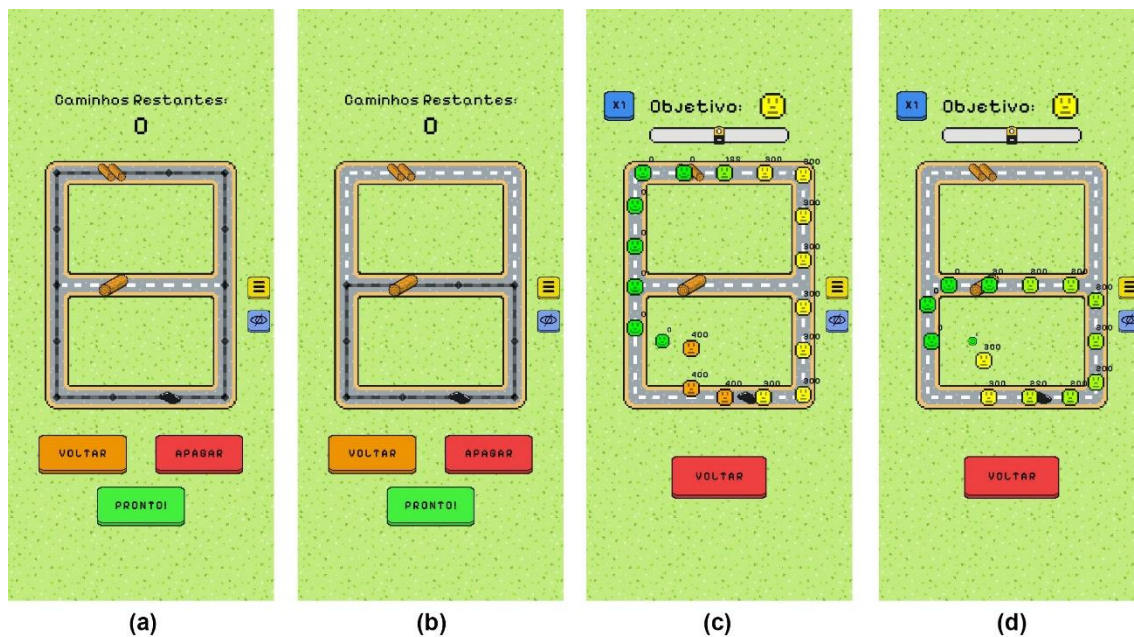


Figura 4 – (a) Primeira solução possível (b) Segunda solução possível (c) Simulação da primeira solução (d) Simulação da segunda solução.

As Figuras 4a e 4b mostram duas soluções possíveis para o primeiro tutorial, um passando pelo tronco duplo e a poça, e a segunda solução passando por apenas um tronco e uma poça. Como o objetivo desta fase é somar 3 ohms, a segunda solução é esperando que seja a solução correta. O que pode ser verificado na Figura 4c e 4d. Na Figura 4c, os emojis simulados estão saindo com uma DDP de 0, e retornando com uma DDP de 400 V, enquanto que na segunda solução o emoji está retornando com uma DDP de apenas 300. Alternativamente, ao visualizar o objetivo na parte superior, observe que o “humor” alvo é um intermediário, e na solução da Figura 4c o “humor” está bem baixo, enquanto que na solução da Figura 4d o “humor” está exatamente igual ao do objetivo. Dessa forma existem duas formas distintas de resolver cada fase, a primeira e a forma analítica,

calculando a resistência equivalente, a segunda é por tentativa e erro, até chegar em um “humor alvo”.

Todas as fases obedecem a mesma linha de raciocínio, variando em cada fase a sua dificuldade. E no caso do circuito paralelo, adicionando um segundo caminho desenhável.

Este projeto foi dado como encerrado em agosto de 2024, dando então origem ao desenvolvimento de um módulo wireless aplicado a placa educativa BitDogLab, de código aberto.

2 DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO WIRELESS PARA A BITDOGLAB

A BitDogLab é uma plataforma de ensino baseada em tecnologia aberta que combina microcontroladores, sensores e atuadores, no qual ensina conceitos de sistemas embarcados baseado em um Raspberry Pi Pico H ou W. Atualmente a BitDogLab contém algumas Leds, Botões, Buzzer, microfone e uma tela OLED já integrada na placa, mas possui dois terminais I2C e um conector IDC para conectar módulos adicionais, como temperatura, humidade, GPS, entre outros.

O objetivo então é desenvolver um módulo capaz de fazer a BitDogLab gerenciar alguns tipos de redes, sendo elas Bluetooth, Wifi e LoRa. Mas como objetivo secundário, que a BitDogLab não fique gerenciando diretamente a rede, e sim um segundo componente gerenciando e comunicando com a Raspberry Pi Pico as informações que são de fato úteis.

Para isso, foi desenvolvido uma placa baseada no microcontrolador ESP32-C3, mais precisamente o modelo desenvolvido pela XIAO STUDIO, no qual é um chip extremamente pequeno se comparado com os demais microcontroladores que possuem wifi e bluetooth integrado. A Tabela 1 mostra o comparativo entre as placas mais conhecidas baseadas na ESP32.

Tabela 1 – Comparativo de microcontroladores baseados no ESP32

Característica	ESP32-C3	ESP32-S3	ESP32-WROOM-32	ESP32-S2
Arquitetura	RISC-V (1 núcleo)	Xtensa LX7 (2 núcleos)	Xtensa LX6 (2 núcleos)	Xtensa LX7 (1 núcleo)
Clock Máx.	160 MHz	240 MHz	240 MHz	240 MHz
Memória RAM	400 KB	512 KB	520 KB	320 KB
Wi-Fi	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Bluetooth	BLE 5.0	BLE 5.0	BLE 4.2	Não
USB nativo	Sim (CDC/JTAG)	Sim (Host + OTG)	Não	Sim (OTG)
GPIOs disponíveis	22	45	34	43
Consumo de Energia	Baixo	Médio	Alto	Médio

A ESP32-C3 se destaca em duas características importantíssimas, por ter menos GPIOs, a placa é consideravelmente menor que as demais, e a segunda é a sua eficiência energética, sendo menos que as demais. Por conta desses fatores foi definido o uso da ESP32-C3 para o desenvolvimento do módulo.

Em continuação, o próximo passo foi definir um chip que faça a comunicação via LoRa. Para isso foram estudados 3 chips: SX1262, SX1268 e RFM95W. A Tabela 2 mostra o comparativo dessas placas para diferentes características.

Tabela 2 – Comparativo de chips para comunicação LoRa

Característica	SX1262	SX1268	RFM95W
Consumo em RX	~4.6mA	~4.6mA	~10mA
Potência Máx. TX	+22 dBm	+22 dBm	+20 dBm
Sensibilidade RX	-148 dBm	-148 dBm	-148 dBm
Faixa de Frequência	150 - 960 MHz	410 - 810 MHz	137 - 1020 MHz
Regiões Compatíveis	Global	Ásia e Europa	Global
Interface	SPI	SPI	SPI
Custo Médio (Brasil)	Médio	Médio	Baixo
Disponibilidade	Alta	Média	Alta

Analisando a Tabela 2, é possível descartar o chip SX1268 por ser um módulo aplicado apenas para a região da Ásia e Europa. Fazendo uma comparação direta entre o chip SX1262 e RFM95W, é possível notar uma eficiência energética muito melhor do SX1262, mas em contrapartida, possui um custo médio enquanto o módulo RFM95W possui um custo reduzido. Portanto estes dois chips foram levados em considerações para o desenvolvimento do módulo final, uma opção com mais eficiência energética, e outro mais barato.

Em relação às interfaces de comunicação, os chips RFM95W e SX1262 se comunicam via SPI, e como a ESP32-C3 possui essa interface, torna possível que a ESP32-C3 controle o chip LoRa.

Em continuação ao estudo da interface, a ESP32-C3 além de possuir a SPI, possui também as interfaces UART e I2C. Essas interfaces tem como objetivo fazer a comunicação com a Raspberry Pi Pico dessas três maneiras, mas tomando cuidado que

na comunicação SPI, a ESP32-C3 necessariamente precisa ser a Master, uma vez que ela precisa se comunicar com o chip LoRa com a mesma interface.

Portanto, é desejado que o conector IDC da BitDogLab seja utilizada para conectar o módulo, já que esse conector tem os pinos das interfaces UART, I2C e SPI da Raspberry Pi Pico disponíveis. Alternativamente, foi desenvolvido a possibilidade de conectar o módulo no conector IDC da BitDogLab, com a restrição que apenas a interface UART está conectada.

A Tabela 3 mostra o mapa de conexões entre a ESP32 e a BitDogLab (BDL) a partir do conector IDC da BitDogLab.

ESP 32	9 GPIO 8 SCK	8 GPIO 20 RX_TX	7 GPIO21 TX_RX	11 GPIO10 MOSI		12	13 GND
IDC 14 pin BDL	13 GPIO 14 SPI1 SCK	11 GPIO 16 UART0 TX	9 GPIO 17 UART0 RX	7 GPIO 15 SPI1 TX	5 GPIO28	3 3V3	1 GND
	14 GPIO 18 SDA	12 GPIO 19 SCL	10 GPIO 20	8 GPIO 4 SPI1 CSn	6 GPIO 9	4 GPIO 8 SPI1 RX	2 5V
ESP 32	5 GPIO 6 SDA	6 GPIO 7 SCL		4 GPIO 5 CS_RP		10 GPIO 9 MISO	14 USB 5V

Observe que existem as duas conexões da interface UART (TX e RX), as duas conexões da interface I2C (SDA e SCL) e as quatro conexões da interface SPI (MISO, MOSI, SCK e CS), portanto é possível fazer a conexão entre a Raspberry Pi e a ESP32-C3 por qualquer destas três interfaces.

A Figura 5 mostra o layout final da placa, A Figura 5a é o Backside, 5b Frontside e 5c a placa já montada.

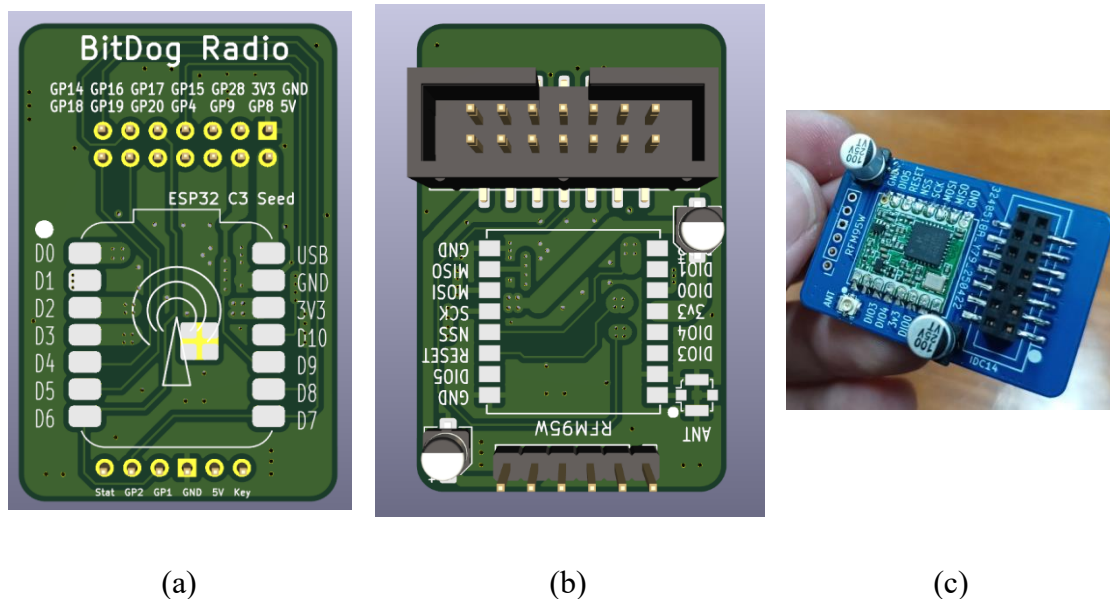


Figura 5 – Layout do módulo Wireless (a) Backside (b) Frontside (c) Módulo montado

Por fim, com o módulo feito, foram feitos testes para os três tipos de comunicação, para validar se todos os componentes estão interligados, em seguida foi desenvolvido uma biblioteca em C para a ESP32 e uma biblioteca em MicroPython para a Raspberry de forma a deixar muito mais amigável o gerenciamento de rede. Ademais, a biblioteca da ESP32 foi feita de tal forma que contém em um só código, as três configurações de rede, dessa forma, a Raspberry consegue selecionar qualquer tipo de comunicação sem ter que alterar o código da ESP32, apenas enviando em um cabeçalho qual é o tipo de comunicação desejada.

Vale ressaltar que está sendo desenvolvido atualmente a comunicação via LoRaWAN, no qual será instalada um gateway no prédio da FEEC. O objetivo dessa aplicação é conseguir criar uma rede resiliente para que diversos dados possam ser navegados pela UNICAMP, sem a necessidade de uma rede Wifi. Este projeto está nas últimas etapas e será submetido no International Symposium on the internet of Things (SIot – 2025).

LISTA DE TRABALHOS A SEREM SUBMETIDOS

Está sendo desenvolvido um artigo para fazer a submissão no International Symposium on the internet of Things (SIot – 2025). Que irá ocorrer nos dias 14, 15 e 16 na UNICAMP. Em anexo é mostrado como o artigo está sendo desenvolvido e que ainda serão feitos ajustes.